

KLASIFIKASI BOBOT SAPI BERDASARKAN CITRA DIGITAL DENGAN METODE FRAKTAL DAN RANDOM FOREST

(COW WEIGHT CLASSIFICATION BASED ON DIGITAL IMAGE USING FRACTAL AND
RANDOM FOREST METHOD)

Sulthan Arief Ismail Sugiarto Putro¹, Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T. ², Syamsul Rizal, S.T.,
M.Eng., Ph.D³

^{1,2} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.

¹sulthanarief@student.telkomuniversity.ac.id, ²jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id,
³syamsul@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sejak dulu di Indonesia sapi telah digunakan sebagai hewan ternak untuk berbisnis. Dalam memulai bisnis peternakan modal awal menjadi salah satu kendala karena dibutuhkan modal yang besar sedangkan salah satu kewajiban yang dimiliki untuk menentukan keberhasilan bisnis ternak sapi adalah timbangan.

Timbangan digunakan untuk menentukan bobot sapi, namun timbangan yang biasa digunakan harganya mahal dan tidak fleksibel. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan menggunakan sistem pengolahan citra digital dengan. Sistem yang dirancang mempunyai masukan berupa citra sapi dan akan menghasilkan keluaran berupa bobot sapi beserta klasifikasi sapi besar, sedang, dan kecil.

Program dirancang menggunakan *software* MALTB dan ditampilkan dengan bentuk *Graphic User Interface* (GUI). Hasil dari sistem menggunakan metode fraktal dan random forest menghasilkan akurasi estimasi bobot sapi sebesar 85,7% dengan waktu komputasi rata-rata 0,336 detik. Total citra sapi yang menjadi data dalam penelitian Tugas Akhir ini berjumlah 68 citra, dengan jumlah 7 sapi yang diambil citra setiap satu sapi sebanyak kurang lebih 9-10 citra. Citra sapi terdiri dari tiga kelas yaitu kecil, sedang, besar. Pada data latih digunakan 47 citra sapi dari tiga kelas yang berbeda. Pada data uji digunakan 21 citra sapi dari tiga kelas yang berbeda juga. Nilai toleransi sistem estimasi bobot adalah 108,16 perhitungan *Schoorl*, 99,68 perhitungan *Winter*, dan 111,71 perhitungan *Denmark*.

Kata kunci: Fraktal, *Random Forest*, Bobot Sapi.

Abstract

Since long time ago in Indonesia, cattle have been used as livestock for business. In starting a livestock business, initial capital is one of the obstacles because it requires a large amount of capital, while one of the obligations to determine the success of the cattle business is weighing.

Scales are used to determine the weight of cattle, but the scales commonly used are expensive and inflexible. These problems can be solved using a digital image processing system. The system designed has an input in the form of a cow image and will produce an output in the form of cow weight along with the classification of large, medium, and small cows.

*The program was designed using MALTB software and displayed in the form of a Graphic User Interface (GUI). The results of the system using the fractal and random forest methods resulted in an accuracy of estimating the weight of cattle of 85.7% with an average computation time of 0.336 seconds. The total number of images of cows as data in this final project is 68 images, with a total of 7 cows that were taken for each cow as many as 9-10 images. The image of a cow consists of three classes, namely small, medium, large. The training data used 47 images of cows from three different classes. The test data used 21 images of cows from three different classes as well. The tolerance values for the weight estimation system are 108.16 for *Schoorl's* calculations, 99.68 for *Winter's* calculations, and 111.71 for *Denmark's* calculations.*

Key words : *Fractal, Random Forest, Cow Weight*

1. Pendahuluan

Sapi di Indonesia banyak dimanfaatkan untuk ternak. Jenis sapi yang dibudidayakan untuk ternak di Indonesia adalah Sapi Brahman dengan bobot jantan mencapai sekitar 800kg dan betina sekitar 700kg, Sapi Simental bisa mencapai 1.150kg dan betina sekitar 800kg, Sapi Limousine berkisar 575kg - 1.100kg, Sapi Po berkisar 770kg (Peranakan Ongole), Sapi Ongole dengan bobot maksimal 600kg, Sapi Madura dengan bobot rata - rata 500kg, dan Sapi Bali bobot rata - rata 400kg. Bobot sapi merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan produktivitas sapi, semakin berat seekor sapi maka semakin banyak daging yang dihasilkan [5]. Dalam memulai bisnis peternakan sapi modal awal menjadi salah satu kendala karena dibutuhkan modal yang sangat besar. Dari harga sapi yang berkisar Rp5.000.000 hingga Rp19.000.000 tergantung dari jenis dan umur dan harga perlengkapan sapi seperti kandang dan timbangan juga tergolong mahal. Timbangan merupakan benda penting yang harus ada dalam bisnis peternakan sapi, karena timbangan digunakan dalam penentuan bobot sapi.

Namun harga timbangan juga cukup mahal berkisar Rp5.000.000 hingga Rp25.000.000 tergantung dari efisiensi dan akurasi timbangan. Selain masalah utama dari timbangan adalah harga, timbangan juga tidak fleksibel atau tidak mudah untuk dibawa dan menempatkan sapi kedalam timbangan adalah hal yang susah. Perhitungan bobot sapi juga dapat menggunakan perhitungan rumus yang telah ditetapkan oleh ahli, yaitu rumus Denmark, Winter, dan Schoorl. Menggunakan tiga rumus tersebut memerlukan nilai Panjang Badan (PB) dan Lingkar Dada (LD) sapi. Nilai tersebut didapatkan melalui pengukuran secara manual tubuh sapi menggunakan pita ukur. Namun, ketiga perhitungan tersebut masih jarang digunakan karena tidak akurat dan hanya digunakan untuk prakiraan bobot sapi [6]. Perkembangan zaman memudahkan dalam mendapatkan bahkan mengelola informasi. Salah satunya adalah informasi mengenai bobot sapi didapatkan dengan memanfaatkan citra sapi menggunakan teknologi pengolahan citra digital (image processing). Pengolahan citra digital meliputi proses input dan output yang berupa gambar dan disamping itu juga meliputi proses mengekstrak atribut dari gambar sampai dengan pengenalan sebuah individu objek. Hasil dari pengolahan citra dapat dimanfaatkan oleh peternak yang diharapkan dapat membantu peternak agar lebih mudah mengambil keputusan dalam bisnis peternakan sapi.

2. Dasar Teori

Sapi berdasarkan klasifikasi ilmiah tergolong kedalam Kingdom Animalia (hewan), Famili Bovidae adalah keluarga biologis hewan berkuku belah dan hewan pemamah biak yang anggotanya terdiri dari bison, antelop, kerbau, rusa, kambing, dan berbagai macam ternak, dan Subfamili Bovinae adalah sebuah Subfamili yang tergolong Familia Bovidae yang mencakup berbagai kelompok tersebar di 10 genus hewan berkuku jari berukuran medium hingga besar, termasuk bison, kerbau air, yak, dan antelope [4]. Di banyak tempat, boviniae digunakan sebagai bahan makanan. Pengertian sapi berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah binatang pemamah biak, bertanduk, berkuku genap, berkaki empat, bertubuh besar, dipiara untuk diambil daging dan susunya. Sapi banyak dipelihara untuk kebutuhan sehari - hari karena memiliki banyak manfaat. Daging, susu, tenaga kerja, dan kotoran merupakan hal yang dapat dimanfaatkan dari sapi. Karena banyak keuntungan yang didapat, maka sejak dulu di Indonesia sapi telah digunakan sebagai hewan ternak untuk berbisnis [6].

2.1. Perhitungan Bobot Sapi

Dalam bisnis peternakan sapi, bobot merupakan faktor penting, selain digunakan untuk menentukan harga sapi. Bobot juga dapat menentukan sumber makanan sapi tersebut bergizi atau tidak. Perhitungan bobot sapi pada umumnya masih dilakukan secara konvensional. Untuk menentukan secara pasti digunakan timbangan, namun untuk memperkirakan atau mengestimasi bobot sapi dapat digunakan rumus. Klasifikasi terhadap bobot sapi dengan range bobot dibawah 285 kg kelas kecil, bobot antara 285 kg dan 388 kg kelas sedang, dan bobot diatas 388 kelas besar [7].

2.1.1 Perhitungan Bobot Sapi Menggunakan Timbangan [1]

Perhitungan bobot sapi pada paling umum menggunakan timbangan. Perhitungan menggunakan timbangan dinilai paling akurat. Perhitungan menggunakan timbangan harus memerhatikan beberapa urutan dan tata cara. Penimbangan disarankan dilakukan pagi hari sebelum makan, dilakukan dikandang jepit. Pastikan sapi tepat diatas papan alas timbangan, usahakan sapi berdiri tegak tidak bersandar pada kandang jepit. Angka yang diambil adalah angka tetap atau tidak berubah Ketika ditimbang yang tertera pada monitor timbangan digital ataupun timbangan analog.

2.1.2 Perhitungan Bobot Sapi Menggunakan Rumus [2]

Untuk mengetahui bobot hidup sapi dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu penimbangan secara konvensional dan perhitungan menggunakan rumus.

1. Rumus *Schoorl*

$$BB = \frac{(LD + 22)^2}{100} \tag{1}$$

Keterangan:

LD : Lingkar Dada (cm)

BB : Bobot Badan (kg)

2. Rumus *Winter*

$$BB = \frac{LD^2 \times PB}{300} \tag{2}$$

Keterangan:

LD : Lingkar Dada (cm)

BB : Bobot Badan (kg)

PB : Panjang Badan (inchi)

3. Rumus *Denmark*

$$BB = \frac{(LD + 18)^2}{10840} \tag{3}$$

Keterangan:

LD : Lingkar Dada (cm)

BB : Bobot Badan (kg)

2.2. Citra Digital

Citra digital adalah gambar dua dimensi yang ditampilkan pada layar suatu perangkat digital seperti komputer sebagai himpunan/diskrit nilai digital yang disebut *pixel (picture element)*, dalam konteks yang lebih luas citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data dua dimensi.

Citra digital merupakan suatu array yang berisi nilai-nilai kompleks atau real yang direpresentasikan dalam deretan bit tertentu. Citra digital juga dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitude f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Pada umumnya, citra digital berbentuk empat persegi panjang dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi lebar Citra digital yang mempunyai dimensi $M \times N$ dapat direpresentasikan oleh persamaan (4) dalam bentuk matriks [8]

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \tag{4}$$

2.3. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan suatu proses pada sebuah sistem dengan masukan berupa citra dan keluaran berupa hasil dari pengolahan suatu citra bisa berupa citra yang diperbaiki kualitasnya, mendapatkan ciri suatu citra, hasil transformasi citra. Dalam pengolahan biasa menggunakan komputer agar mudah untuk digunakan dalam menganalisa oleh manusia atau komputer itu sendiri nantinya

2.4. Preprocessing

Preprocessing adalah suatu proses untuk memperbaiki citra dengan tujuan menghilangkan *noise*. *Preprocessing* juga dapat menghilangkan bagian yang tidak diinginkan untuk tahapan selanjutnya. Beberapa proses yang dapat dilakukan pada tahap preprocessing antara lain binerisasi, thresholding, dan normalisasi. Pada Tugas Akhir ini digunakan thresholding dimana prosesnya mengubah citra berderajat keabuan (*Greyscale*) menjadi citra biner sehingga mendapatkan daerah obyek dan latar dari citra secara jelas. [11]

2.5. Fraktal

Inti dari konsep fraktal adalah adanya proses penyusunan ulang komponen-komponen yang identik yang memiliki kesamaan diri (*self-similarity*) dalam jumlah besar. Berdasarkan sifatnya, fraktal secara umum dapat dikategorikan menjadi 3 yaitu fraktal *self-similarity*, fraktal acak (stokastik), dan fraktal *self-affine*. Fraktal *self-similarity* adalah fraktal yang potongan kecil

bagiannya memiliki bentuk yang sama persis dengan keseluruhannya. Fraktal acak (stokastik) adalah fraktal yang tidaklah self-similar secara eksak namun dalam pengertian statistik tetap *self-*

similar. Fraktal *self-affine* adalah fraktal yang potongan kecil bagiannya memiliki bentuk yang tidak sama persis sama dengan bentuknya secara keseluruhan.

2.6. Random Forest

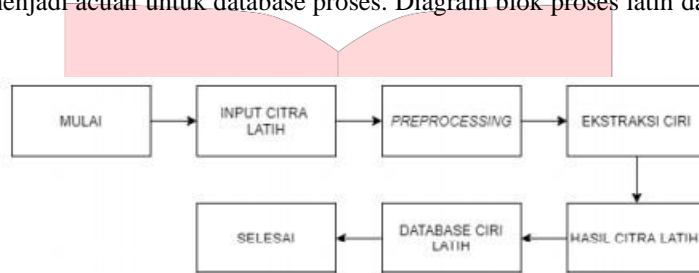
Random Forest merupakan metode yang dapat meningkatkan hasil akurasi karena dalam membangkitkan simpul anak untuk setiap node dilakukan secara acak. Algoritma klasifikasi *Random Forest* merupakan pengembangan dari *Decision Tree*, dimana menghasilkan pohon gabungan yang memberikan tingkat akurat yang lebih tinggi dibandingkan dengan pohon tunggal [13].

3. Perancangan dan Simulasi

Program aplikasi estimasi bobot sapi pada Tugas Akhir ini memanfaatkan pengolahan citra digital dengan masukan berupa citra sapi yang sebelumnya dikumpulkan dipeternakan sapi dan keluaran berupa perkiraan bobot sapi serta kelas sapi yang tergolong besar, kecil, atau sedang.

3.1 Perancangan Sistem

Sistem pada program aplikasi estimasi bobot dan kelas sapi berbasis pengolahan citra digital menggunakan MATLAB dilakukan melalui beberapa tahapan. Proses identifikasi dibagi menjadi dua proses antara lain proses latih dan proses uji. Proses latih merupakan proses pencarian nilai parameter yang menjadi acuan untuk database proses. Diagram blok proses latih dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Proses Latih

Setelah proses latih maka dilakukan proses uji, proses uji akan melakukan penyesuaian dengan nilai parameter yang telah disimpan di database. Diagram blok proses uji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Proses Uji

3.1.1 Akuisisi Citra

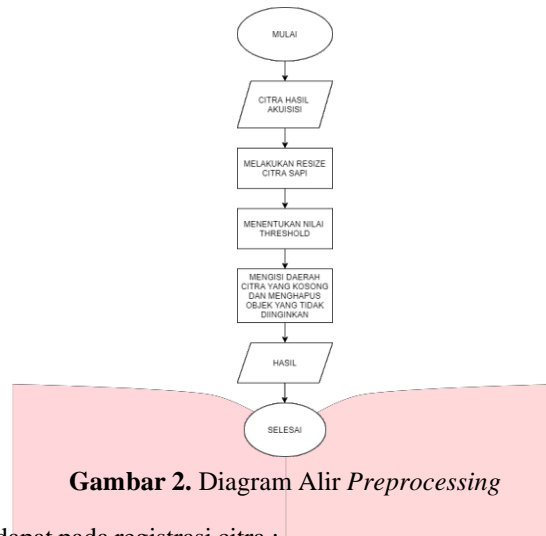
Akuisisi citra merupakan proses paling awal yang dilakukan untuk menentukan pengambilan citra digital. Dalam proses akuisisi citra, citra yang diambil berupa foto sapi yang berdiri didepan background hijau dan sisi yang diambil adalah sisi samping sapi. Foto diambil menggunakan kamera mirrorless, dengan format foto berupa *.jpeg. Contoh posisi sapi saat pengambilan foto seperti pada Gambar 3.4. Sapi yang digunakan adalah sapi jantan dengan berbagai macam jenis sapi dan berbagai warna sapi.



Gambar 3. Proses Akuisisi Citra

3.1.2 Registrasi Citra

Pada Tugas Akhir ini digunakan sistem threshold dalam menghasilkan gambar yang ingin digunakan dalam tahapan selanjutnya. Alur proses pada preprocessing dapat dilihat pada Gambar 3.

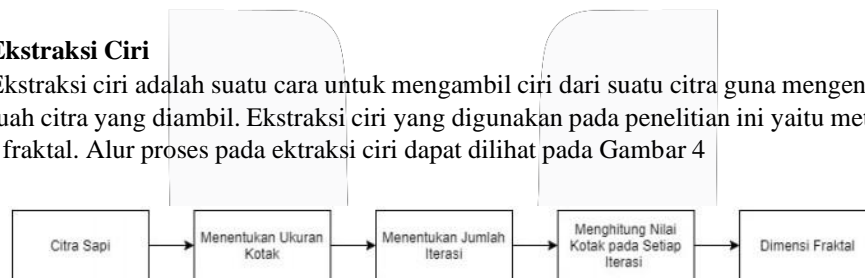


Proses yang terdapat pada registrasi citra :

1. Melakukan akuisisi citra menggunakan perangkat keras kamera
2. Melakukan resizing citra dengan ukuran 512×512
3. Menggunakan nilai threshold 100 untuk menghilangkan latar dari citra sapi
4. Melakukan rekonstruksi citra kembali dari yang citra yang dirasa hasilnya belum baik

3.1.3 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri adalah suatu cara untuk mengambil ciri dari suatu citra guna mengenal pola dari sebuah citra yang diambil. Ekstraksi ciri yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode dimensi fraktal. Alur proses pada ekstraksi ciri dapat dilihat pada Gambar 4



3.1.4 Klasifikasi

Dalam pembentukan *tree*, algoritma *random forest* akan melakukan training terhadap sampel data. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *sampling with replacement*. Sebanyak sepertiga sampel akan digunakan untuk menentukan data *out of bag* dilakukan untuk mengestimasi *error* dan menentukan *variable importance*. Variabel yang akan digunakan untuk menentukan pemisahan (*split*) terbaik ditentukan secara acak. Setelah seluruh *tree* terbentuk, maka proses klasifikasi akan berjalan. Penentuan kelas dilakukan dengan cara voting dari masing - masing *tree*, kelas dengan jumlah vote terbanyak akan menjadi pemenangnya.

3.2 Identifikasi Sistem

Identifikasi terhadap performa dilakukan dengan cara menghitung tingkat akurasi sistem, waktu komputasi, dan toleransi estimasi sistem. Persamaan yang digunakan dalam melakukan perhitungan akurasi sistem dan performansi adalah sebagai berikut:

1. Waktu Komputasi

Waktu Komputasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses komputasi atau perhitungan. Secara matematis, perhitungan waktu komputasi dilihat pada persamaan (6).

$$\text{Waktu Komputasi} = \text{Waktu Selesai} - \text{Waktu Mulai} \quad (6)$$

2. Akurasi Sistem

Tingkat akurasi merupakan ukuran ketepatan sistem dalam mengenali input sehingga menghasilkan output yang benar. Perhitungan tingkat akurasi sistem secara sistematis dilihat pada persamaan (7).

$$\text{Akurasi Klasifikasi} = \frac{\sum D_{i \neq j}}{\sum D_{i=j}} \times 100\% \tag{7}$$

3. Toleransi *error* estimasi sistem

Perhitungan selisih antara sistem estimasi bobot dan bobot aktual dapat menggunakan persamaan (8) [18]

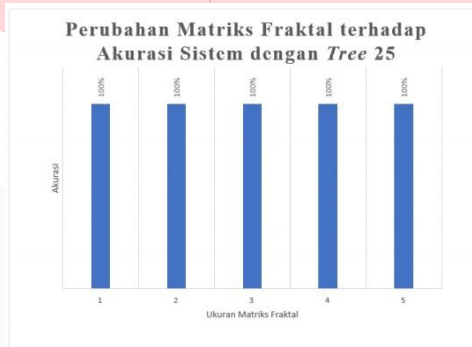
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i^{\text{aktual}} - I_i^{\text{prediksi}})^2} \tag{8}$$

4. Pengujian dan Analisis Sistem

Otak citra sapi yang menjadi data dalam penelitian Tugas Akhir ini berjumlah 68 citra, dengan jumlah 7 sapi yang diambil citra setiap satu sapi sebanyak kurang lebih 9-10 citra. Citra sapi terdiri dari tiga kelas yaitu kecil, sedang, besar. Pada data latih digunakan 47 citra sapi dari tiga kelas yang berbeda. Pada data uji digunakan 21 citra sapi dari tiga kelas yang berbeda juga. Seluruh citra sapi adalah citra dari tampak samping yang telah diketahui masing - masing bobotnya. Bobot aktual didapatkan dari catatan peternak sapi.

4.1 Hasil Pengujian Skenario 1

Pada skenario 1 dilakukan analisis pengaruh perubahan matriks ciri dimensi fraktal terhadap akurasi dan waktu komputasi. Nilai jumlah dimensi dirubah dari dimensi 1 hingga dimensi 5, setiap nilai menggunakan tree 25 untuk klasifikasi random forest. Berikut adalah hasil pengujian skenario 1 direpresentasikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



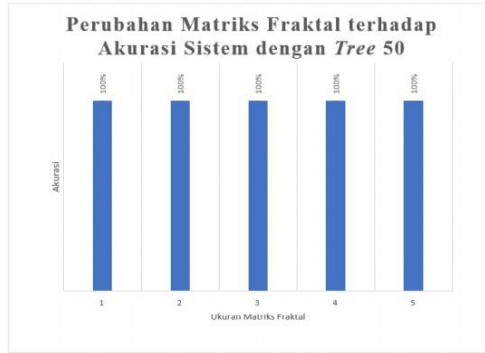
Gambar 5. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Akurasi Sistem



Gambar 6. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Waktu Komputasi

4.2 Hasil Pengujian Skenario 2

Pada skenario 2 dilakukan analisis pengaruh perubahan matriks ciri dimensi fraktal terhadap akurasi dan waktu komputasi. Nilai jumlah dimensi dirubah dari dimensi 1 hingga dimensi 5, setiap nilai menggunakan tree 50 untuk klasifikasi random forest. Berikut adalah hasil pengujian skenario 1 direpresentasikan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Akurasi Sistem



Gambar 8. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Waktu Komputasi

4.3 Hasil Pengujian Skenario 3

Pada skenario 3 dilakukan analisis pengaruh perubahan matriks ciri dimensi fraktal terhadap akurasi dan waktu komputasi. Nilai jumlah dimensi dirubah dari dimensi 1 hingga dimensi 5, setiap nilai menggunakan tree 100 untuk klasifikasi random forest. Berikut adalah hasil pengujian skenario 1 direpresentasikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Akurasi Sistem



Gambar 10. Grafik Pengaruh Jumlah Dimensi Fraktal Terhadap Waktu Komputasi

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis terhadap skenario pengujian pada program estimasi bobot sapi menggunakan metode fraktal dan klasifikasi random forest, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Program yang dibuat dapat mengestimasi bobot dan kelas sapi dengan metode fraktal dan klasifikasi random forest. Namun ada masih terdapat beberapa kekurangan dalam proses mengestimasi.
2. Implementasi sistem dapat menghasilkan tingkat akurasi estimasi sistem sebesar 85,7%, nilai toleransi estimasi root mean squared error perhitungan 108,02, winter 99,68, denmark 111,71. Waktu komputasi rata - rata 0,336 detik.

REFERENCE

- [1] A. Muzani and T. S. Panjaitan, "Memilih bakalan sapi bali," Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTB, Balai Besar Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, 2010.
- [2] T. Saputro, "Pendugaan bobot badan ternak dengan berbagai macam rumus," Online] ilmuternak.com, 2015.
- [3] X. Guan, M. R. Chance, and J. S. Barnholtz-Sloan, "Splitting random forest (srf) for determining compact sets of genes that distinguish between cancer subtypes," *Journal of clinical bioinformatics*, vol. 2, no. 1, p. 13, 2012.
- [4] K. Syamsi, E. S. Sari, and Y. E. Rahayu, "Buku pengayaan bahasa indonesia berdasarkan pendekatan saintifik dalam kurikulum 2013," Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- [5] B. A. Murtidjo, *Beternak Sapi Potong*. Kanisius, 1992.
- [6] U. H. Dewi, B. Hidayat, and E. Yuni, "Estimasi bobot sapi berdasarkan registrasi citra digital dengan metode fraktal dan klasifikasi k-nearest neighbor cattle weight estimation based on digital image registration with fractal method and k-nearest neighbor classification," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [7] E. CONSTANTIA, ESTIMASI BOBOT SAPI BERDASARKAN REGISTRASI CITRA DIGITAL DENGAN METODE GEOMETRIC ACTIVE CONTOUR DAN KLASIFIKASI DECISION TREE, 2019.
- [8] D. Putra, *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi, 2010. 36
- [9] C. Marshela, N. Ibrahim, and E. Wulandari, "Deteksi kualiatas kemurnian susu sapi melalui pengolahan citra digital menggunakan metode adaptive region growing dan klasifikasi learning vector quantization," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [10] S. Madenda, "Pengolahan citra & video digital," Jakarta: Erlangga, vol. 16, 2015.
- [11] D. Rohpandi, A. Sugiharto, and G. A. Winara, "Aplikasi pengolahan citra dalam pengenalan pola huruf ngalagena menggunakan matlab," 2015.
- [12] Y. Tao, W. Lam, and Y. Tung, "Extraction of fractal feature for pattern recognition," in *Proceedings 15th International Conference on Pattern Recognition. ICPR-2000*, vol. 2. IEEE, 2000, pp. 527–530.
- [13] C. A. ANZILA and A. R. Effendie, "Klasifikasi dengan metode random forest dan analisis diskriminan linear," Ph.D. dissertation, [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada, 2014.
- [14] W. S. Saputra, A. R. Sujatmika, and A. Z. Arifin, "Seleksi fitur menggunakan random forest dan neural network," *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, Surabaya, 2011.
- [15] J. Rong, G. Li, and Y.-P. P. Chen, "Acoustic feature selection for automatic emotion recognition from speech," *Information processing & management*, vol. 45, no. 3, pp. 315–328, 2009.
- [16] J. Han, J. Pei, and M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.
- [17] M. M. Ramadhan, B. Irawan, and C. Setianingsih, "Penerjemahan huruf nonlatin cyrillic rusia ke huruf latin menggunakan algoritma random forest," *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 3, 2017. 37
- [18] M. Calasan, S. H. A. Aleem, and A. F. Zobaa, "On the root mean square error ' (rmse) calculation for parameter estimation of photovoltaic models: A novel exact analytical solution based on lambert w function," *Energy Conversion and Management*, vol. 210, p. 112716, 2020.